第 41 卷 第 4 期　　　　昆 虫 学 报　　　　Vol. 41, No. 4
1998 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1998

# 花胸散白蚁多型行为的初步分析

张健华
(广东省昆虫研究所，广州 510260)

**摘要** 该文在花胸散白蚁 *Reticulitermes fukienensis* Light 的侦察行为和取食行为方面进行了比较详细的探讨，同时还分析了其消化系统发育与取食行为变化之间的相互关系。实验结果表明年龄是影响花胸散白蚁多型行为的一个比较重要的因素。而且发现幼蚁和工蚁的消化系统发育是与其取食行为相一致的，特别是后肠囊从幼蚁的细条消化道发育为成年工蚁的膨大囊袋这一过程是花胸散白蚁群体中存在着取食多型行为的强有力的证据。

**关键词** 花胸散白蚁，多型行为，侦察行为，取食行为

花胸散白蚁 *Reticulitermes fukienensis* Light 是热带与亚热带地区的一个比较常见的危害种，在香港中文大学附近的山坡内分布比较广泛，多与其它几种白蚁共同生活于伐倒的中国冷杉 (China fir) 树干之内。其主巢不明显，群体不是很大，便于采集，是进行实验研究的良好对象。在 1995 年 12 月至 1996 年 3 月，作者在香港中文大学生物系内进行了白蚁多型行为的合作研究，探讨了白蚁的某些行为特征与年龄的相互关系。

该项研究内容包括：①工蚁侦察行为与年龄的相关性分析。②幼蚁、工蚁取食行为与年龄的相关性分析。③幼蚁、工蚁取食行为变化与其消化系统发育的相互关系。整个实验在香港中文大学生物系内进行。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验对象为花胸散白蚁，采集于香港大埔滘自然保育区。实验群体采集的时间为 1995 年 12 月份至 1996 年 2 月份。

### 1.2 方法

**1.2.1** 幼蚁和工蚁个体年龄的划分：在该项研究中，白蚁幼蚁和工蚁个体的年龄是通过测量其头宽的大小来划分的[1]。使用测微尺在 NIKO－SMZ 型双目显微镜下测量了采集于大埔滘自然保育区的三个群体的一千多个幼蚁和工蚁个体，将其划分为五个年龄阶段。这五个年龄阶段从小到大分别为：WL1 [幼蚁：头宽为 (0.42±0.05) mm]、WL2 [幼蚁：头宽为 (0.54±0.05) mm]、WL3 [工蚁：头宽为 (0.68±0.08) mm]、WL4 [工蚁：头宽为 (0.88±0.08) mm]、WL5 [工蚁：头宽为 (1.04±0.08) mm]。

**1.2.2** 工蚁侦察行为的观测实验：对工蚁侦察行为的观察只涉及到 WL4 和 WL5 两个

1996-11-11 收稿，1997-05-24 收修改稿

年龄组。实验是在直径为 50 mm、高为 15 mm 的塑料培养皿内进行，每次实验选取三个 WL4 个体和三个 WL5 个体，放于培养皿内用黑纸片做成的隐蔽所内。观察六个工蚁个体中那一个先爬出黑纸做成的隐蔽所来探测周围的环境，并首先通过培养皿的中线。该个体被认为是该小群体中的侦察者，记录下其年龄和从隐蔽处通过中线所需的时间。同时记录第二个通过中线的个体（图 1）。实验温度为 18～21℃。

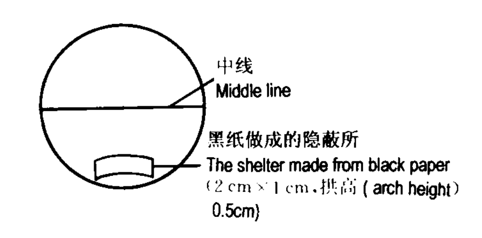



图 1　工蚁侦察行为观测实验设计示意图

Fig. 1　The experimental design on the observation of the worker's scouting behavior

**1.2.3**　幼蚁和工蚁取食行为的分析：对幼蚁和工蚁取食行为与年龄相关性的分析主要是通过解剖幼蚁、工蚁的消化系统来实现的。首先将白蚁个体用酒精杀死，然后在 NIKO-SMZ 双目解剖显微镜下分离出其消化系统，观察各年龄组个体的消化道内容物，并测量其消化道的大小变化。

## 2　结果与分析

### 2.1　工蚁侦察行为与年龄的相关性

该项实验共观察了 38 组由三个 WL4 个体与三个 WL5 个体构成的小群体的侦察行为，共计 228 个个体。结果见表 1。

**表 1　WL4 和 WL5 两个年龄组个体之间侦察行为的观察结果**

**Table 1　The observational results on the scouting behavior among the small colonies consisting of the WL4 and WL5 groups**

| 年龄组 | 第一位通过中线的个体 | | 第二位通过中线的个体 | |
|---|---|---|---|---|
| | 只数 | 平均时间（min） | 只数 | 平均时间（min） |
| WL4 | 3 | 9.3 | 14 | 12.0 |
| WL5 | 35 | 5.4 | 24 | 10.0 |

注：min 代表平均时间

Note：min represents minute

从表 1 可以看到，在 38 组侦察行为观测实验中，其中 35 组是 WL5 的个体首先爬出隐蔽所并通过中线，占整个观测实验的 92.11%，平均所需时间为 5.4 min；WL4 的个体首先爬出隐蔽所并通过中线的组数仅为 3 组，占整个观测实验的 7.89%，平均所需时间为 9.3 min。在第二位爬出隐蔽所并通过中线的个体中，24 组是 WL5 的个体，平均所需时间是 10.0 min，占整个观测实验的 63.16%；14 组是 WL4 的个体，占整个观测实验的 36.84%，平均所需时间是 12.0 min。

### 2.2　工蚁取食行为与年龄的相关性

分别采取每个年龄组的四个个体进行消化系统的解剖分析，观察各个体中肠、后肠囊、结肠和直肠里半固体褐色物质的含量（按半固体褐色物质占消化道容积的百分比来

计算)，结果见表 2。

表 2 幼蚁和工蚁五个年龄组的消化系统内半固体褐色物质的观察

Table 2 The gut content for the five age stages of larvae and workers

| 年龄组 | 中肠 | | 后肠囊 | | 结肠 | | 直肠 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 个体值 | 均值 | 个体值 | 均值 | 个体值 | 均值 | 个体值 | 均值 |
| WL1 | 0，0，0，0 | 0 | 0，0，0，0 | 0 | 0，0，0，0 | 0 | 0，0，0，0 | 0 |
| WL2 | 0，0，0，0 | 0 | 0，0，0，0 | 0 | 0，0，0，0 | 0 | 0，0，0，0 | 0 |
| WL3 | 0，0，0，3% | 0 | 0，0，20%，40% | + | 5%，5%，20%，30% | + | 0，0，30%，80% | + |
| WL4 | 10%，50% 50%，60% | + | 40%，100% 100%，100% | ++. | 20%，30% 30%，100% | + | 0，30% 60%，80% | + |
| WL5 | 5%，10% 50%，65% | + | 50%，95% 100%，100% | ++ | 20%，40% 55%，70% | + | 0，0，0，95% | + |

注：(1) 表内的个体值指四个个体消化系统的各部分所包含的半固体褐色物质所占的消化道容积的百分比；

(2) 0=0%；+=5%～49%；++=50%～100%

Note: (1) The four values in row represent the percentages of gut parts containing the semi-solid dark brown materials for the four individuals,

(2) The 0, + or ++ represent the average values of the gut parts containing the semi-solid dark brown materials for each age stage

表 2 显示，WL1 和 WL2 个体的消化道内完全看不到任何半固体的褐色物质，整个消化道呈透明状态；WL3 个体的中肠基本呈现透明状态，也没有观察到半固体的褐色物质，但在其后肠囊、结肠和直肠中观察到少量的半固体褐色物质；WL4 和 WL5 个体的中肠内有少量的半固体褐色物质，后肠囊基本上是由半固体褐色物质所填塞，结肠和直肠也有大量的半固体褐色物质。

## 2.3 取食行为变化与白蚁消化系统发育的相互关系

对每个年龄组的四个个体的中肠和后肠囊的大小进行测量，结果见表 3。

表 3 幼蚁和工蚁五个年龄组中肠和后肠囊发育的变化

Table 3 The size development of the midguts and paunches for the larvae and workers

| 年龄组 | 中肠 | | | 后肠囊 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 直径 | 长度 | 体积 | 直径 | 长度 | 体积 |
| WL1 | 0.116 2±0.0109 | 0.9393±0.0606 | 0.0100±0.0024 | 0.0570±0.0051 | 0.2210±0.0138 | 0.0006±0.0001 |
| WL2 | 0.1780±0.0081 | 1.2070±0.1161 | 0.0299±0.0010 | 0.0927±0.0176 | 0.4335±0.0326 | 0.0031±0.0015 |
| WL3 | 0.1984±0.0129 | 1.4365±0.1479 | 0.0443±0.0054 | 0.1989±0.0707 | 0.7310±0.1374 | 0.0264±0.0181 |
| WL4 | 0.2907±0.0432 | 2.0485±0.1283 | 0.1383±0.0468 | 0.2962±0.1097 | 1.3005±0.1452 | 0.1063±0.0797 |
| WL5 | 0.2969±0.0282 | 2.6095±0.5705 | 0.1871±0.0757 | 0.3669±0.1056 | 1.5470±0.0571 | 0.1732±0.0940 |

注：直径是测量消化道外围直径，单位为 mm，长度单位为 mm；体积是根据圆柱体体积的公式计算而得到的，单位为 $mm^3$

Note: The diameters are the outer diameters of the gut parts, the unit for them is mm; The unit for the lengths in mm; The volumes of the gut parts are obtained on the basis of the cylinder formula, the unit for them is $mm^3$

表 3 显示,WL1 个体的中肠显得特别发达,后肠囊没有任何膨大和形成囊袋的迹象。其中肠直径平均值较其后肠囊的直径平均值大 1 倍多，中肠长度的平均值较后肠囊的长度平均值大 3 倍多，中肠体积也特别大，较后肠囊体积大 15 倍多。WL2 个体的后肠囊已开始形成，但囊状并不明显。其中肠直径平均值仍大于后肠囊直径的平均值约 1 倍，中肠长度平均值较后肠囊长度的平均值大 1 倍之多，中肠体积也大于后肠囊的体积约 8 倍之多。WL3 个体的后肠囊已形成较大的囊状，其中肠直径平均值和后肠囊的直径平均值基本处于相等状态，中肠长度平均值仍大于后肠囊长度平均值的 1 倍，中肠体积也仍大于后肠囊的体积。WL4 个体的后肠囊已经相当发达，其中肠直径平均值与后肠囊直径的平均值不相上下，中肠长度平均值仍略大于后肠囊的长度平均值，中肠体积仅稍大于后肠囊的体积。WL5 个体的中肠仍为管状形，而后肠囊形成明显的膨大囊袋状。其中肠直径平均值已略小于后肠囊的直径平均值,中肠长度平均值仅略大于后肠囊的长度平均值,中肠体积基本和后肠囊的体积相等。

图 2 显示了 WL1 和 WL5 年龄组的消化系统结构。该图较清晰地描述了花胸散白蚁消化系统结构适应其取食行为的变化。WL1 个体的后肠囊尚是一条很细的管状消化道,并没有形成囊袋。WL5 个体的后肠囊是一个很粗大的囊袋。

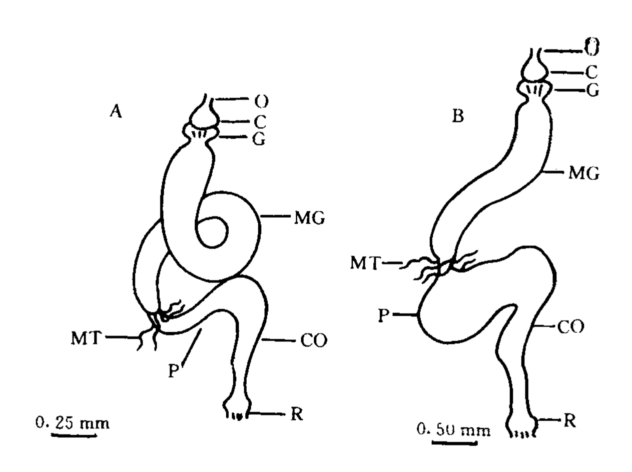



图 2　花胸散白蚁 *Reticulitermes fukienensis* 幼蚁和工蚁消化系统结构示意图

A：WL1（幼蚁）年龄组的消化系统　B：WL5 年龄组（工蚁）的消化系统

O＝食道　C＝嗉囊　G＝前胃　MG＝中肠

MT＝马氏管　P＝后肠囊　CO＝结肠　R＝直肠

Fig. 2　The gut structure of *Reticulitermes fukienensis* for WL1 and WL5

A：The gut structure of WL1　B：The gut structure of WL5

O＝esophagus　C＝crop　G＝gizzard　MG＝midgut

MT＝Malpighian tubules　P＝paunch　CO＝colon　R＝rectum

## 3 讨论

### 3.1 工蚁侦察行为与年龄的相关性

一般认为白蚁在取食过程中，有兵蚁护卫和行使侦察行为[2]。但在没有兵蚁陪伴的情况下，工蚁群体中也存在探索和侦察新环境的行为。在我们对花胸散白蚁的观测实验中，结果显示主要是由年老的工蚁个体来承担侦察和探索新环境任务的，工蚁的这种行为存在着明显的年龄相关性。在自然环境中，工蚁的这种侦察行为一般是在没有兵蚁陪伴的情况下发生的；在有兵蚁陪伴的情况下，工蚁一般不承担该项任务。

### 3.2 幼蚁和工蚁取食行为的分析

通过解剖花胸散白蚁五个年龄组个体的消化系统，该项研究比较详细地分析了白蚁幼蚁和工蚁取食行为的变化。从结果中我们可以看到幼蚁的消化道内没有任何半固体褐色物质，整个消化道呈透明状态，这说明其采取的是吮吸和交哺的取食方式，取食的完全为液体物质。幼年工蚁 WL3 个体的消化道内仅有少量的半固体褐色物质，这说明其已开始具有自我取食木纤维的行为，但仍具有吮吸和交哺的取食行为来得到生长所必需的营养物质。成年工蚁的消化道内有大量的半固体褐色物质，并且，某些该年龄个体的消化道基本上由这些半固体褐色物质所填满，这说明成年工蚁已完全依靠自我取食，具有着比较完善的取食木纤维的行为。所以，花胸散白蚁的幼蚁和工蚁在取食行为方面明显地具有以年龄为基础的多型行为，有一个从取食液体食物向取食固体食物的渐进转变。

### 3.3 取食行为变化与消化系统发育的相互关系

花胸散白蚁的中肠和后肠囊的发育有着明显的变化。幼蚁为适应吮吸和液体食物的取食，中肠特别发达，而后肠囊的囊袋尚未形成，仅为一细条的消化管道。成年工蚁为适应木纤维的消化和自我取食行为，后肠囊的囊袋已形成，年老工蚁的后肠囊特别发达，相对地中肠的发育变化较小。很显然，后肠囊经历了幼蚁的细条管状消化道发育为成年工蚁的膨大囊袋的一个发育过程，这加强了白蚁群体中存在着取食多型行为之说。

### 3.4 花胸散白蚁多型行为的分析

根据对花胸散白蚁侦察行为和取食行为的分析，可以认为花胸散白蚁的侦察行为和取食行为是明显地与年龄相关的。毫无疑问，年龄是影响花胸散白蚁多型行为的一个重要因素。

**致谢** 该文是在香港中文大学生物系 Dr. Mike Crosland 的指导和 Dr. Mallikarjun Shakarad 及 Ms. Donna Lee 等人的帮助下完成的，在此表示衷心的感谢！

## 参 考 文 献

1 Howse, P E. On the division of labour in the primitive termite *Zootermopsis nevadensis* (Hagen). Insectes Sociaux, 1968, 5: 45～50

2 Traniello, J F A. Enemy deterrence in the recruitment strategy of a termite: Soldier-organized foraging in *Nasutitermes costalis*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1981, 78: 1976～1979

# POLYETHISM IN *RETICULITERMES FUKIENENSIS*: A PRELIMINARY STUDY

Zhang Jianhua
(Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260)

**Abstract** This paper deals with the polyethism in *Reticulitermes fukienensis* Light. Experiment showed that the older workers undertake the scouting behavior even when soldiers are absent, and foraging polyethism exists inside the termite colonies. After observing the gut contents of the larvae and workers it was found there is no semi-solid dark brown materials inside the larva's gut parts and a large amount of semi-solid dark brown materials inside the gut parts of workers, it can be inferred that larvae feed themselves on liquid foods through trophallaxis and sucking and workers feed themselves on fiber materials. On the aspect of the gut structure for larvae and workers, their paunches have undergone developmental change, from slender tubular gut to expanding sac. Age seems to play a role in the polyethism in *R. fukienensis*.

**Key words** *Reticulitermes fukienensis* Light, polyethism, scouting behavior, foraging behavior

**Acknowledgments** This work was carried out under the supervision of Dr. M. W. J. Crosland at The Chinese University of Hong Kong. The author is very grateful to Dr. Crosland for his kind supervision and greatly appreciates the helps of Dr. M. Shakarad and Ms. D. Lee in accomplishing the work.